

文章编号:1000-3673 (2000) 05-0042-03

变电站自动化系统中内部通信网的研究

任雁铭¹, 秦立军¹, 杨奇逊¹, 孙竹森², 张禹芳²

(1. 华北电力大学四方研究所, 北京 100085; 2. 国家电力公司电网建设分公司, 北京 100088)

RESEARCH ON INTERNAL COMMUNICATION NETWORK IN SUBSTATION AUTOMATION SYSTEM

REN Yan-ming¹, QIN Li-jun¹, YANG Qi-xun¹, SUN Zhu-sen², ZHANG Yu-fang²

(1. Sifang Institute, North China Electric Power University, Beijing 100085, China;

2. Power Network Construction Branch, State Power Corporation of China, Beijing 100088, China)

ABSTRACT: Communication network is a key technique in substation automation system. In this paper the characteristics and requirements of the communication network in substation automation system is presented. Two communication schemes are given in which one is based on Lon Works field bus and the other is based on the embedded Ethernet. Several items in the two schemes are compared.

KEY WORDS: substation automation; field bus; embedded technique; Ethernet

摘要: 通信网络是变电站自动化系统的关键。分析了变电站自动化系统中通信网的特点与要求, 给出了 LonWorks 现场总线和嵌入式以太网两种通信方案, 并对这两种方案作了分析比较。

关键词: 变电站自动化; 现场总线; 嵌入式技术; 以太网

中图分类号: TN915. 853 文献标识码: A

1 引言

变电站自动化技术在我国发展很快, 目前新建的变电站绝大多数都采用了综合自动化技术, 很多老变电站也在进行改造。这种自动化系统与常规变电站系统相比, 最大的特点就是站内通信能力强。从 90 年代初变电站内开始搞综合自动化, 先后出现过几类通信方案。最初用 RS485 总线将保护设备联在一起, 用主从方式通信, 这种方式较简单, 实际上是串行点对点通信, 技术上缺陷很多。后来各种现场总线技术被引入国内, 由于其具有简单易用、组网方便、抗干扰能力强等特点, 很快被电力自动化设备业界采用, 以构成变电站内的通信网。现场总线种类较多, 用得较多的是 Lon-Works 和 CAN。用现场总线来做通信网, 从工程实践来看是较成功的。但随着变电站自动化从以前的 35kV、110kV 等中、低压变电站向 220kV、330kV

甚至 500kV 高压、超高压大型变电站发展, 现场总线的一些局限性逐渐暴露出来, 不能满足高压、超高压大型变电站自动化系统的要求。随着计算机软、硬件技术的发展, 工业控制领域出现了嵌入式技术。这使设计者在设计变电站自动化系统内部通信网时有了新的选择, 利用嵌入式技术的软、硬件, 设计者可以在单片机系统上实现以太网技术。目前国外一些著名大公司已利用嵌入式技术将以太网接口做在保护装置中, 这样各保护装置就可以用以太网连成一个自动化系统了。以太网具有网络速度快, 带宽较宽, 与后台监控 PC 机、工作站等接口方便的特点, 能够满足大型高压变电站自动化系统对通信网的要求。这在国外已有工程实例。本文将介绍两种站内通信网方案, 一是 LonWorks 现场总线网, 二是嵌入式以太网。这两种网的技术原理很多资料已有介绍, 本文不再重复, 而是直接说明如何应用。

2 LonWorks 现场总线网方案

如图 1 所示, 变电站内部有两个 LonWorks 网络, 分别为监控网和录波网。监控网用来传送各种控制和状态信息, 录波网则传送电力系统故障录波信息。网络的通信速率为 78kB/s, 最大通信距离为 2 km, 通信介质为屏蔽双绞线或光纤。每个保护装置都带有 Lon-Works 网络接口, 后台机、工程师站、远动机等 PC 机上均插有 PCLTA 卡, 于是保护装置和 PC 机就可以联到 LonWorks 网上。图 1 所示的方案简单、方便可靠, 适合于中、低压变电站自动化系统。它已成功地用于很多 35kV、110kV 变电站。但当用于 220kV 及以上的大型高压变电站时, 由于网络节点增多, 网络流量增大, 78kB/s 网络带宽就显得不够了, 特别是当多个

保护同时动作时,网上冲突加剧,重发次数增多,通信效率降低。因此,这种方案不适合于大型高压变电站。

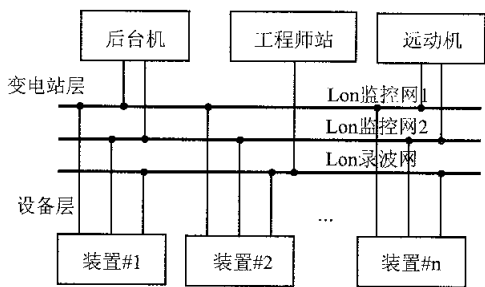


图 1 LonWorks 网络系统配置图
Fig. 1 The configuration of LonWorks system

3 嵌入式以太网方案

3.1 系统配置

如图 2 所示,站内有 3 个相互独立的光纤以太网,网络 1、2 为监控网,网络 3 为录波网。考虑到大型高压变电站都是以间隔为单元组屏和设备的向下兼容性及有关国际发展趋势,因此没有用嵌入式以太网完全替代 LonWorks 现场总线网,而是将站内通信网设计为两层,间隔以上用 10MB/s 嵌入式以太网构成站内通信的主干网络,负责后台机、远动机等 PC 机和各间隔进行通信。在间隔内部则用 LonWorks 现场总线网把各保护装置联在一起。LonWorks 网上的信息通过间隔层的测控单元上传到主干网上。最低层的各种保护设备可不作任何改动,保持了向下兼容性。这种方案实际上将嵌入式以太网与 LonWorks 现场总线技术相结合,发挥了各自的

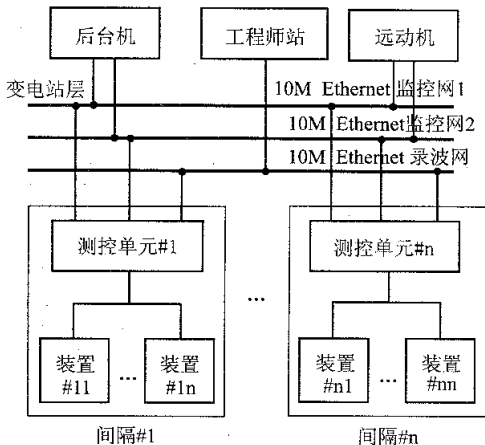


图 2 以太网、LonWorks 网相结合方案系统配置图
Fig. 2 The configuration of Ethernet and LonWorks system 优势。

3.2 测控单元

由上可见,测控单元是整个方案的核心与关键。图 3 给出了测控单元的简图。其中 Neuron 芯片作为 CPU 的通信处理器完成 LonWorks 网络的通信任务,利用它可与保护装置通信。CPU 选用了 32 b 单片机, CPU 部分采用了嵌入式软件设计,利用实时多任务操作系统及 TCP/IP 模块,完成以太网的通信与测控任务, CPU 与 Neuron 芯片之间以 Slave B 并口方式交换信息。测控单元以 LonWorks 网与四方公司制造的保护装置相联,用 RS485、RS232 与其他厂家制造的保护装置相联。

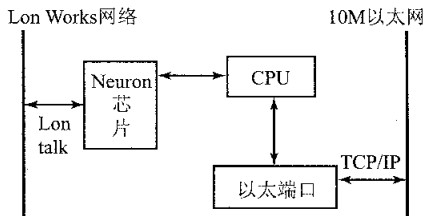


图 3 测控单元示意图
Fig. 3 The schematic diagram of bay controller

4 两种方案的比较与分析

(1)方案 1 中只有 LonWorks 一层网络,站内的几十个保护装置均联其上。因此网上节点多、流量大,而带宽却只有 78kB/s。在多台保护同时动作等特殊情况下,网络负载突然加重,这时会出现较严重的网络冲突现象,报文的重发次数增多,网络通信效率降低。方案 2 中有两层网,主干网的带宽已达 10MB/s,虽然间隔内的 LonWorks 网络仍为 78kB/s 带宽,但其上所联节点的数目却大大减少,只有几台。于是 LonWorks 的网络负载极轻,即使在各台保护同时动作的特殊情况下,通信效率仍很高。而当信息传到主干网后,由于主干网带宽很宽,站内那些流量对其而言仍属轻负载,以太网在轻负载时效率极高,因此方案 2 能满足变电站自动化系统的要求,并留有余地。

(2)故障录波数据上传速度大大加快

LonWorks 网主要支持帧长为几十 B 的短帧,当传送录波数据时,效率较低,耗时较多,以太网支持最长可达 1500B 的长帧,因此方案 2 中录波数据的传输效率大大增强。

(3)与 PC 机接口

PC 机须用 PCLTA 卡等专用板卡与 LonWorks 网络接口,这些板卡由于是专用品所以较贵,PC 机台数增多时,PC 机用廉价的以太网卡就可联到以太网上,因此方案 2 中的 PC 接口更方便、更廉价。

(4)易于与广域网相联

由于以太网使用开放式的 TCP/IP 协议,所以可以较为方便地与广域网相联。

(5)易于与国际标准接轨

目前 IEC 正在制定有关变电站自动化系统的内部通信协议体系,其目的在于使不同厂商的产品有互操作性,这个标准目前还没有公布,我们从有关介绍中了解到它是一个分层的网络,主干网就是 10 MB/s 以太网。因此,当 IEC 标准公布后,我们只须将系统内部软件重新处理,方案 2 就能较容易地与 IEC 国际标准接轨。

5 内部通信网的传输实时性分析

网络传输的实时性是变电站自动化系统内部通信网的关键指标。方案 2 中有两层网,即间隔内部的 LonWorks 网络和间隔以上的以太网。

首先分析间隔内部 LonWorks 网络的实时性。LonWorks 网络通过网络变量来实现节点之间的通信,不同的网络变量可以设置成不同的优先级,这样开关变位等重要信息就可用优先级高的网络变量优先传输。LonWorks 网络以这种方式保证网络传输的实时性。LonWorks 网络在 CSC2000 变电站自动化系统已经用了 400 多套,根据应用经验:当站内节点数不超过 40 时,LonWorks 网络的实时性是很好的;当节点数目再多时可将一个网分成不同的子网以保证网络传输的实时性。在方案 2 中,间隔内部的 LonWorks 网络节点数一般不超过 10,因此 LonWorks 网络上的负荷是很低的。在这种情况下,间隔内部 LonWorks 网络的传输实时性是有绝对保证的。

以太网虽然没有 LonWorks 网络或 CAN 总线的优先级设置,但其带宽到达 10 MB/s,因此可承受的网络负荷很大。研究表明,当网络负荷不超过带宽的 37%时,网络上的冲突率很低,以太网的传输效率是有保证的^[1]。实际上变电站自动化系统内部若使用合理的通信规约和合理的传输模式,其网络负荷与带宽 10 MB/s 的 37%相比是很低的,网络冲突率极低。美国电力研究院(EPRI)在制定 UCA 通信协议体系时,对以太网用于变电站自动化系统中的网络传输实时性作了研究分析,结果表明当使用交换式集线器时,10 MB/s 以太网是完全可以满足实时性要求的^[2]。国

际大电网会议(CIGRE)的第 35 工作组也对以太网在电力系统中应用的实时性问题作了研究,得出了与美国电力研究院相同的结论^[3~5]。因此,选择 10 MB/s 以太网作为变电站自动化系统的内部通信网,其网络传输实时性是有保证的。需要注意的是,必须使用交换式基线器。实际上国外已经推出不少使用以太网的变电站自动化系统,如美国 GE-Harris 公司的 Power-Comm 系统、美国 GE 公司的变电站自动化系统、日本东芝公司的高压变电站分布式测控系统等。

从上述讨论可以看出,方案 2 中提出的两层网设计其网络传输实时性是有保证的。

6 结束语

本文给出了适合于不同规模和电压等级的变电站自动化系统内部通信网方案,介绍了嵌入式以太网技术,并对两种方案作了分析和比较,最后对所提方案的网络传输实时性作了分析。

参考文献:

- [1] Tanenbaum A S. 计算机网络[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [2] EPRI UCA Communication Architecture 1997.
- [3] CIGRE WG35. 07. Transmission of real-time data with a guaranteed QoS using IP technology[S]. Electra, 1997, (173).
- [4] CIGRE WG35. 07. Implementation of an IP network for the transmission of power utility real-time data. Electra, 1997, (176).
- [5] CIGRE WG 35. 07. Integration of services on IP networks. Electra. 1997, (174).
- [6] Zacker Craig. TCP/IP 网络管理[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.

收稿日期:1999-08-14; 改回日期:2000-01-12。

作者简介:

任雁铭(1972-),博士研究生,研究方向为变电站自动化系统;

秦立军(1962-),硕士,教授,从事电力系统仿真、变电站自动化系统的研究

杨奇逊(1937-),博士,教授,博士生导师,中国工程院院士,从事微机继电保护、变电站自动化系统的研究;

孙竹森(1951-),高级工程师,从事超高压电力工程电网建设研究及管理工作;

张禹芳(1955-),高级工程师,从事超高压电力工程设计、建设管理工作。